

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ГНУТОГО ПРОФИЛЯ ИЗ СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ\*

Голубчик Э.М., доц., к.т.н.

Хохлов А.В., гр. ТГП-07

(ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск)

Щуров Г.В.

(ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск)

Ужесточение требований современного быстро меняющегося рынка приводит к необходимости поиска новых технических решений и мгновенной адаптации существующих технологических возможностей предприятий под выпуск высокорентабельной металлопродукции. Особенно это актуально для производителей, связанных с глубокой переработкой металла, к которой можно отнести и изготовление холодногнутых фасонных профилей [1].

В последнее время в России наметилась устойчивая тенденция к применению все большего количества гнутых металлических профилей в строительной индустрии. За последние 10 лет увеличились не только объемы производства гнутых металлических профилей, но и существенно расширился их сортамент. Сегодня гнутые профили применяются практически во всех областях строительства – от возведения несущих и ограждающих конструкций до применения их в качестве финишных, отделочных и декоративных элементов. Широкое применение гнутых профилей для строительства обусловлено значительной экономией металла и трудовых затрат, возможностью получения тонкостенных гнутых профилей практически любого поперечного сечения. Также немаловажным фактором является высокий спрос на

данную продукцию у отечественной автоиндустрии. На сегодняшний день ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») является одним из крупнейших производителей холодногнутых профилей в России, на котором к настоящему времени освоен выпуск более 700 профилирумеров из различных марок стали - от низкоуглеродистых до легированных. При этом по отдельным видам профилей, изготавливаемым, например, для нужд вагоноремонтных и вагоностроительных заводов, ОАО «ММК» является единственным отечественным производителем.

В последние годы наметилась тенденция расширения марочного состава производимых профилей в сторону повышения прочностных параметров профилируемого металла. В тоже время переход на формовку горячекатаной заготовки повышенной прочности в условиях традиционного оборудования вызывает ряд технологических проблем, связанных с обеспечением устойчивости процесса профилирования. Особенно это актуально в условиях поштучного профилирования, для которого, как известно, нормируются расстояния, на котором должно гарантироваться значения геометрических параметров (табл. 1).

Таблица 1

**Нормируемые расстояния замера геометрических параметров  
в гнутом профиле при поштучной формовке**

Стандарт	Расстояние от торца профиля, мм, при точности профилирования		
	высокая	повышенная	обычная
ГОСТ 8278-83	80	100	200
ГОСТ 8281-80	150	200	300
ГОСТ 19772-93	100	150	300
ТУ 14-101-406-98	500		

\* Работа проведена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 13.G25.31.0061), АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2013 годы)» (проект 2.1.2/9277), а также ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (гос. контракт П983).

Специалистами ОАО «ММК» совместно с учеными ГОУ ВПО «МГТУ» был проведен комплекс исследований по характеру влияния основных технологических факторов процесса профилирования (количество формирующих клетей, единичные углы подгибки, механические свойства исходной заготовки и др.) на уровень получаемых геометрических размеров и формы готового профиля на одном из новых для ОАО «ММК» видах продукции – гнутом профиле для мостостроения (ГП 150х180х300х8) [2, 3]. Производственные исследования проводились в несколько этапов. Первым этапом освоения технологии изго-

товления гнутого профиля осуществлялось на горячекатаном прокате из стали марки S420MC в соответствии с требованиями DIN EN 10149-2:1995. Данная сталь обладает повышенными прочностными свойствами (предел текучести  $\sigma_t \geq 420$  Н/мм<sup>2</sup>, временное сопротивление разрыву  $\sigma_b = 480-650$  Н/мм<sup>2</sup>, относительное удлинение  $\delta_5 \geq 19\%$ ). Первоначально профилирование проводилось в калибрах, рассчитанных и применяемых для традиционных марок стали 10ХСНД и 09Г2С и т.д. (рис. 1).

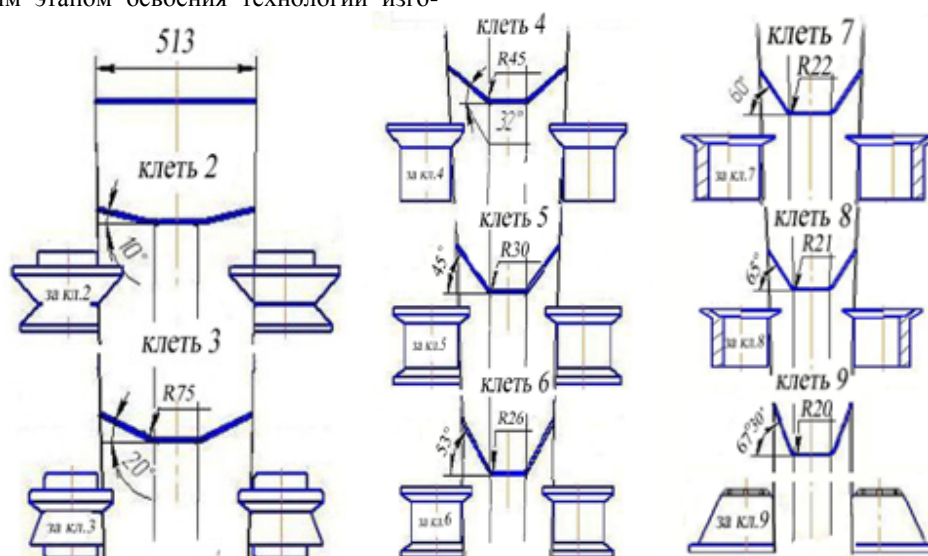


Рис. 1. Первоначальная схема калибровок для ГП 150х180х300х8

Учитывая особенности поштучного профилирования в условиях профилегибочного стана (ПГС) 2-8 ОАО «ММК», при использовании данной схемы калибровок не было получено стабильных размеров, особенно на концевых участках готовых профилей.

Используя метод изменения частных углов подгиба, была разработана новая схема профилирования, приведенная на рис. 2.

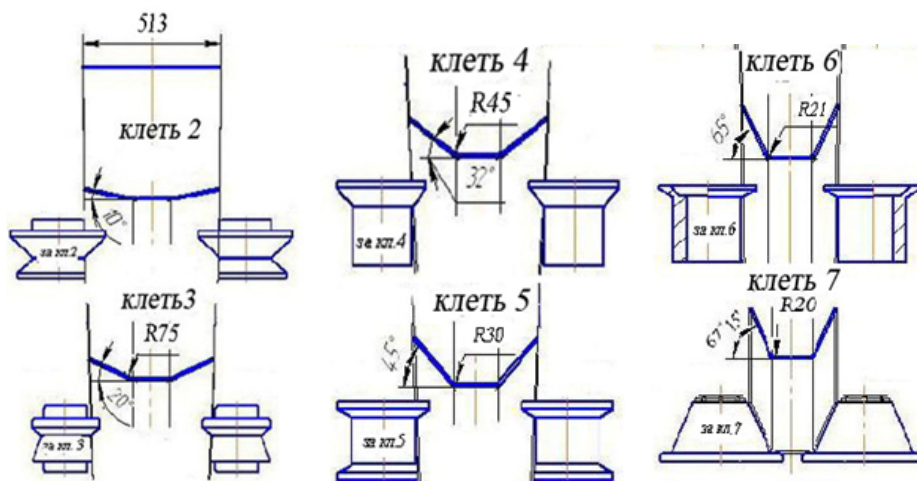


Рис. 2. Схема профилировки, разработанная для случая применения сталей повышенной прочности

В результате проведенных работ и анализа полученных результатов было определено необходимое число формирующих клеток для обеспечения необходимого уровня геометрических размеров профиля.

На следующем этапе освоения потребитель высказал пожелание изготавливать данный вид гнутого профиля из «традиционных» марок стали (10ХСНД, 09Г2С и их аналоги). При этом в процессе производства гнутых профилей 150x180x300x8 из низколегированных марок стали с использованием разработанной для стали марки S420MC калибровки также проявилась проблема обеспечения стабильности геометрических размеров и формы по длине изделия. Данная ситуация потребовала проведения дополнительных исследований по анализу изменчивости механических свойств горячекатаного проката в процессе профилирования. Было установлено, что низколегированные марки стали обладают повышенным (по сравнению со сталью марки S420MC) пружинением, которая в условиях поштучной формовки без заднего натяжения приводит к значительному скручиванию в зонах концевых участков, что, в свою очередь, увеличивает нестабильность геометрических размеров. Поэтому было принято решение перейти на увеличенное число проходов при формовке профиля на данном классе сталей (см. рисунок 1) [1].

В процессе освоения технологии формовки нового вида продукции для минимизации затрат на изготовление калибров и гарантированного обеспечения стабильных геометрических размеров по всему сечению готового профиля возникла необходимость

проведения моделирования процесса валковой формовки заданного профиля с помощью ЭВМ (программный пакет Deform<sup>TM</sup>-3D). При помощи моделирования требовалось произвести оценку формоизменения металла в местах изгиба для построения соответствующих эффективных калибровок для условий поштучного профилирования на профилегибочном стане 2-8. Для этого необходимо решение следующих задач:

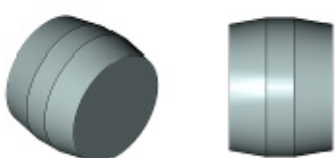


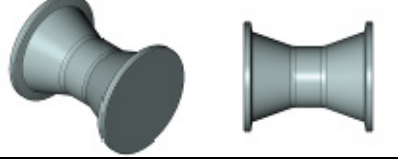


1. Создать 3D-модели профилегибочных валков.
2. Задать модель материала (сталь S420MC), который будет использоваться в процессе моделирования, либо использовать модель материала близкого по характеристикам данной марки стали.
3. Провести моделирование самого процесса формовки.





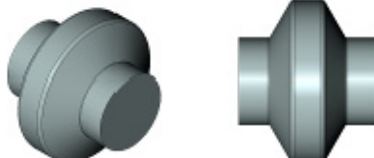

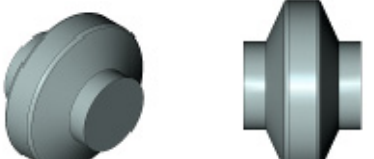



С помощью полученных моделей возможно улучшить схему формовки (определить количество формирующих клеток, единичные углы подгибки, механические свойства исходной заготовки) для высокопрочных сталей. Так же моделирование позволяет проанализировать зависимость марки стали (ее химического состава) на формирование качественных показателей готовых профилей.

Первая из поставленных задач была решена с помощью программного пакета T-Flex CAD 11. Были созданы модели цельноточенных профилегибочных валков в соответствии с чертежами профилировок использующихся на стане. Примеры данных валков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Объемные 3D-модели профилегибочных валков

Номер клетки	Верхний валок	Нижний валок
2		
3		
4		

5		
6		
7		
8		
9		

Далее задавалась модель обрабатываемого материала. Для этого была использована диаграмма растяжения моделируемой марки стали (S420MC). Значения были перенесены в программу Deform<sup>TM</sup>-3D.

В настоящее время проводится анализ результатов моделирования по характеру формоизменения металла по клетям профилегибочного стана.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубчик Э.М., Щуров Г.В., Архандеев А.В. Управление качеством при изготовлении гнутых профилей для мостостроения в ОАО «ММК» // Сталь. - 2009. - №10. – С.46.

2. Голубчик Э.М., Щуров Г.В., Чукин М.В. Особенности производства фасонных холодногнутых профилей из сталей повышенной прочности // Цветные металлы-2010. Сб. докл. II междунар. конгресса в составе XVI междунар. конф. «Алюминий Сибири», IV конф. «Металлургия цветных и редких металлов», VI симпозиума. «Золото Сибири». – Красноярск: СФУ, ООО «Версо», 2010. - С.686 - 688.

3. Голубчик Э.М., Щуров В.Г. Формирование качественных показатлей при производстве профилей высокой жесткости // Вестник МГТУ. – 2009. - № 3. – С. 52 – 55.